

文章编号:1005-0523(2018)02-0009-07

宁东矿区铁路专用线工程地质选线研究

王雄健

(兰州铁道设计院有限公司 甘肃 兰州 730000)

摘要:通过分析宁东矿区的自然地理、经济建设概况,总结近年来在宁东地区从事铁路专用线勘察、设计的经验,针对铁路专用线工程地质选线中突出的风沙、采空区等不良地质现象以及压覆矿产资源、保护煤柱设计等典型工程地质问题,针对每一个问题,结合工程实例,采用理论分析与实例计算相结合的方法,详细说明了工程设置的合理性,提出了针对这些不良地质现象、工程地质问题的选线原则。

关键词:宁东矿区;铁路专用线;风沙;采空区;压覆矿产;保护煤柱设计

中图分类号:U212.22

文献标志码:A

1 宁东矿区自然地理概况

1.1 地理位置

宁东矿区位于宁夏回族自治区中东部,是一个全国罕见的储量大、煤质好、地质构造简单的整装煤田,被列为国家13个重点开发的亿吨级矿区之一。矿区东以鸳鸯湖、马家滩、萌城边界为限;西与白芨滩东界接壤;南至韦州和萌城的最南端;北邻内蒙古自治区鄂托克前旗,东西宽16~41 km,南北长127 km。

1.2 地形地貌

宁东矿区位于毛乌素沙地西南缘,地貌单元属于缓坡丘陵区,地形波状起伏,地表为风积沙掩盖,多呈有植被固定或半固定的沙丘、沙地,间有无植被固定的沙地或新月形流动的沙丘^[1]。

1.3 地层岩性

矿区地层由新至老依次为:第四系松散堆积层;古近系(E)泥岩、砂岩、砾岩;侏罗系上统安定组(J_{3a})、侏罗系中统延安组(J_{2y})、直罗组(J_{2z})砂岩;三叠系上统上田组(T_{3s})砂岩等。其中,侏罗系、三叠系地层为含煤地层。

1.4 地质构造

矿区所处的一级构造单元为中朝准地台,二级构造单元为鄂尔多斯台缘褶皱带,三级构造单元为陶乐台拱。陶乐台拱分布在黄河大断裂以东,马柳断裂以西,东临盐池台陷。中奥陶世以来大部分地区处于隆起,本区三叠纪至白垩纪时为一深拗陷,沉积了陆相碎屑岩及含煤建造,燕山运动产生褶皱和断裂,本区开始隆起,新近系仅在局部小湖盆沉积。

1.5 水文地质特征

矿区地表冲沟发育,无常年地表径流。地下水贫乏,不能构成连续含水层,仅在局部拗谷、洼地等第四系堆积层较厚处,赋存零星浅层地下水,含水层岩性为粉、细砂、圆砾等砂类土、碎石类土,靠大气降水补给,以蒸发排泄为主。基岩裂隙水受地层裂隙发育程度影响,水量变化较大,水化学类型为 $CL \cdot SO_4 - Na \cdot Mg, SO_4 \cdot CL \cdot SO_4 - Na$ 型,地下水矿化度8~12.6 g/L。

收稿日期:2017-11-29

作者简介:王雄健(1984—),男,工程师,主要研究方向为铁路、公路、市政等工程地质勘察。

1.6 气象及地震

矿区属中温带亚干旱气候区,干旱少雨,风大沙多,春迟秋早,冬长夏短,日照充足,四季分明,无霜期短,降水少,蒸发量大。年平均气温为 8.8 ℃,年最高气温为 41.4 ℃(1953 年),年最低气温为-28.0 ℃(1954 年);降水多集中在 7,8,9 三个月,年最大降水量为 299.1 mm,而年最大蒸发量高达 2 771 mm,蒸发量为降雨量的十倍。最大冻土深度为 1.09 m(1968 年)。

矿区 II 类场地基本地震动峰值加速度为 0.15 g(相当于地震基本烈度七度),基本地震动加速度反应谱特征周期为 0.45 s^[2]。

2 主要不良地质现象

2.1 风沙

矿区地表大部分被风积沙掩盖,多呈有植被固定或半固定的沙丘、沙地,间有无植被固定的沙地或新月形流动的沙丘。风沙结构疏松,分布段落长、范围广,类型多,危害程度轻微-严重。

方家庄电厂铁路专用线流动沙地、流动沙丘发育段落总长约 2.245 km,约占线路总长的 4.5%。流动沙丘(见照片 1)位于线路里程 DK3+700~DK4+400 左侧约 20~220 m 处,主导风向为 E,沙丘形态以新月形沙垄为主,沙丘高度多为 1~3 m,垂直风向沙丘宽度一般为 20~30 m,局部大于 40 m,沙丘以松散的全新统风积粉砂构成,迎风坡坡度一般为 10°~15°,背风坡多为 25°~40°,丘表基本无植被覆盖。



图 1 流动沙丘
Fig.1 Moving dune

工程地质选线时,绕避了风沙危害严重的地段,在上风侧以直线形式在距离流动沙丘外 50 m 的距离以路堤形式通过,路堤填方高度约 2~3 m,没有采用零断面、半堤半堑及路堑(见图 2)。

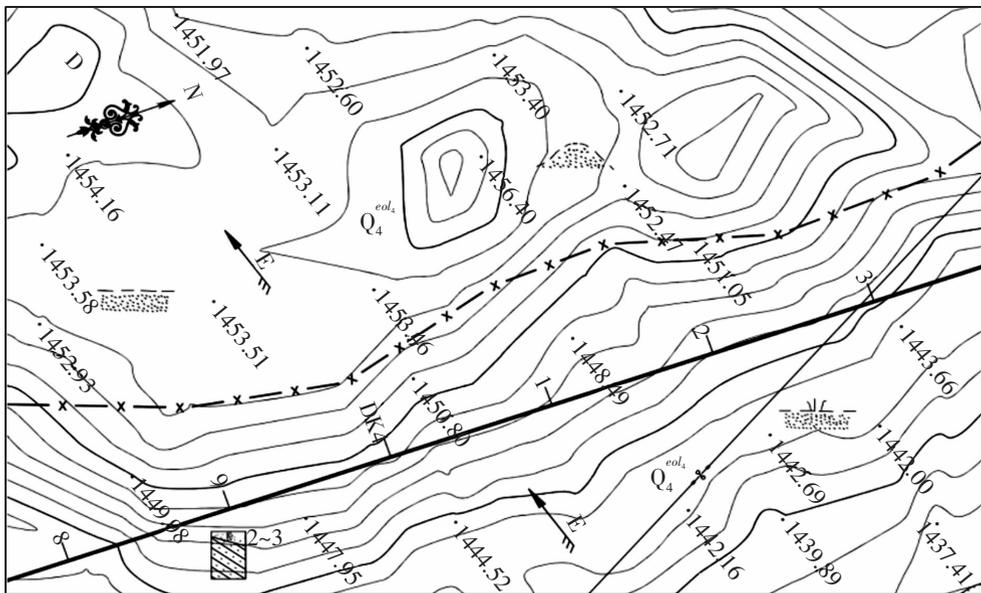


图 2 方家庄电厂铁路专用线绕避风沙严重地段
Fig.2 Area of avoiding the severe sandstorm for Fangjiazhuang special line

2.2 采空区

2.2.1 采空区特征

冯记沟煤矿采空区位于拟建银星二号煤矿铁路专用线 DK1+958~DK2+252 段左侧,线路与采空区位置关系如图 3 所示。冯记沟煤矿为地下开采,含煤层为侏罗系地层,可采煤层共 3 层,分别为 2,4,5 层,煤层厚度 1.4~2.5 m,可采煤层平均总厚 9.15 m,煤层倾角 20°~30°,最大采深 302 m。冯记沟煤矿开采历史已有 17 年,目前可采年限不足 2 年,采用综采放顶煤采煤法开采^[3],顶板管理方式为垮落法,随采随垮,可见已造成的地面塌陷随数处。

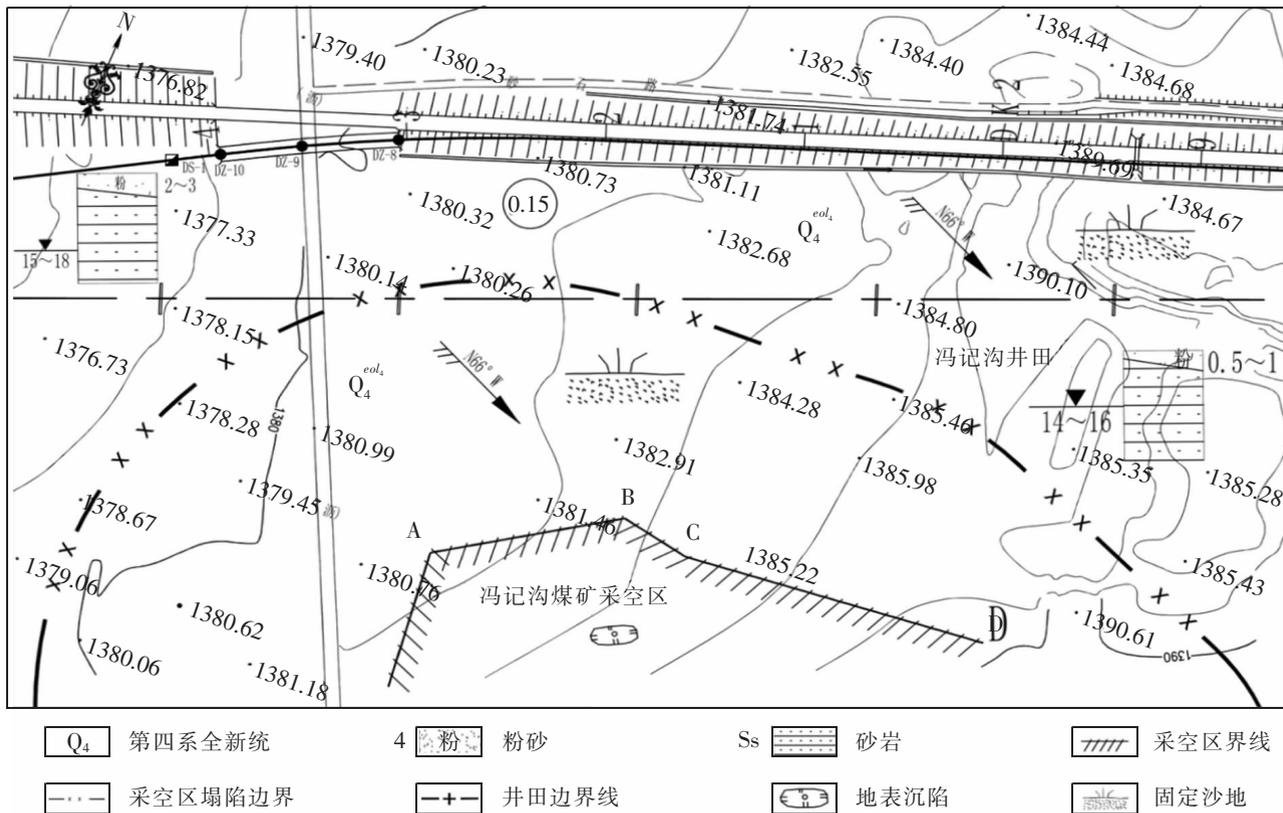


图 3 银星二号煤矿铁路专用线绕避冯记沟煤矿采空区
Fig.3 Area of avoiding Fengjigou mine goaf for Yinxing No.2 special line

2.2.2 采空区的塌陷影响边界计算

根据冯记沟煤矿提供的计算参数:基岩走向方向移动角 δ 、上覆岩层上山侧移动角 γ 及下山侧移动角 β 均为 73°;第四系覆盖层移动角 φ 为 45°。

自采空区边界至地表塌陷变形边界之间的投影距离称为影响带宽度^[4],以图 2 中 A 点为例,移动盆地计算示意图见图 3,上覆基岩厚约 232 m,第四系覆盖层厚约 70 m,其塌陷影响半径为: $r=H_1/\tan\delta+H_2/\tan\varphi$ ^[5]

式中: H_1 为采空区上覆岩层厚度,取 232 m; H_2 为采空区上覆第四系覆盖层厚度,取 70 m;以此类推,可算出靠近新建铁路一侧,采空区 A、B、C、D 四点的塌陷影响半径(见表 1)

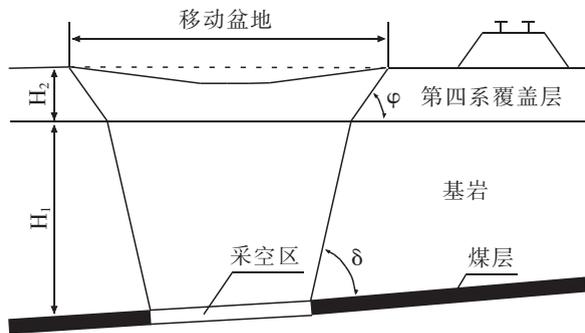


图 3 大面积采空区塌陷影响边界计算
Fig.3 Boundary calculation of large area goaf collapsing

表 1 冯记沟煤矿采空区最终塌陷边界计算
Tab.1 Calculation of final collapsing boundary of goaf in Fengjigou mine

矿名	点号	地面 标高 /m	岩层 标高 /m	煤层 倾角 / $^{\circ}$	覆盖层 移动角 φ / $^{\circ}$	走向 δ / $^{\circ}$	上山 γ / $^{\circ}$	下山 β / $^{\circ}$	土层 厚/m	走向 边界 /m	下山 边界 /m	上山 边界 /m
冯记沟 煤矿	A	1 390	1 087.3	30	45	73	73	73	70	141.2	141.2	141.2
	B	1 390	1 162.7	30	45	73	73	73	70	118.1	118.1	118.1
	C	1 390	1 149.9	30	45	73	73	73	70	122.0	122.0	122.0
	D	1 390	1 254.2	30	45	73	73	73	70	90.1	90.1	90.1

因此,采空区界线的每一个拐点各方向的塌陷长度相等,各拐点采空造成的塌陷为圆形,连接各圆外切线,则圆弧与外切线构成了采空区塌陷的最终边界线。

2.3 采空区评价

线路距离采空区最近距离为 290 m,预测采空区最终塌陷边界距离线路最近距离为 78 m,故采空区对工程没有影响。

3 主要工程地质问题

3.1 压覆矿产资源

在建设铁路、工厂、水库、输油管道、输电线路和大型建筑物或建筑群之前,建设单位必须向所在省、自治区、直辖市地质矿产部门了解拟建工程站在地的矿产资源分布和开采情况,非经国务院授权的部门批准,不得压覆重要矿床^[6]。

宁东地区蕴含着丰富的煤炭、油气资源,各个井田、勘查区、后备区鳞次栉比,很少有无煤区。而采矿权、探矿权又分属不同单位,铁路专用线选线时,从接轨站至终点站不可避免的会穿越不同权属单位的矿权。因此,在宋新庄、银星二号煤矿铁路专用线工程地质选线时,充分考虑这些因素,最大限度的保持一个井田的完整性,避免线路切割井田^[7];当多个井田相连时,利用相邻井田的开采限界,尽量走行在井田分界处,最大限度的减少了压矿量(见图 4)。

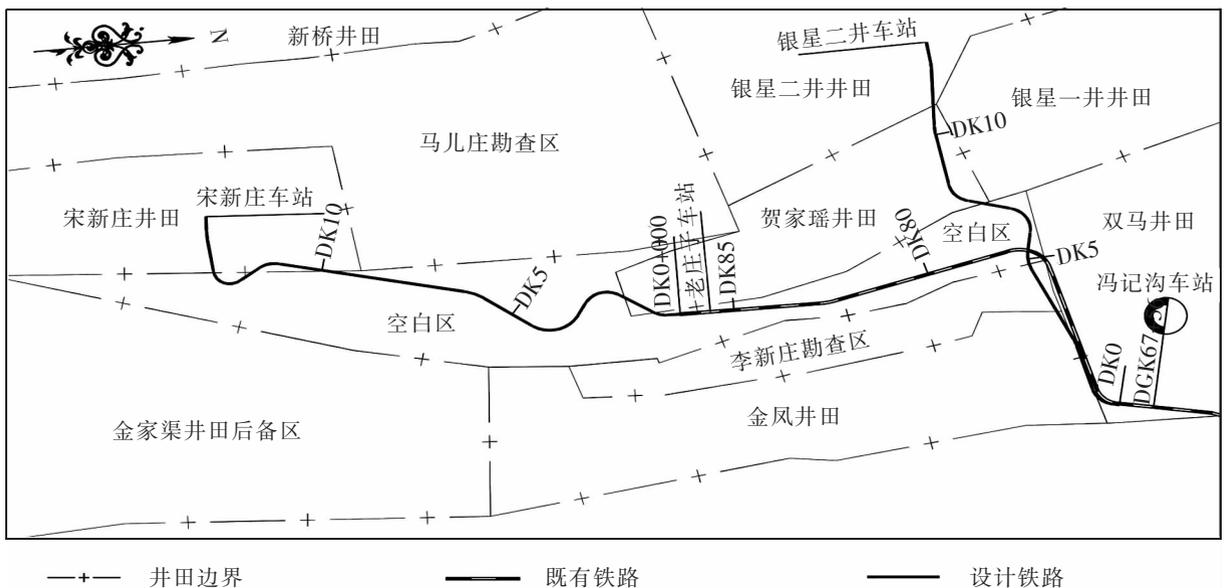


图 4 宋新庄、银星二号煤矿铁路专用线线位示意图
Fig.4 Sketch map of the Songxinhuang and Yinxing No.2 special line

3.2 保护煤柱设计

3.2.1 是否留设保护煤柱

根据采深采厚比^[8]确定是否需要留设保护煤柱,我国根据煤层厚度及开采方式,对煤层进行划分^[9](见表 2)。

表 2 煤层厚度划分表
Tab.2 Division of coal-seam thickness

开采方式	煤层		
	薄煤层	中厚煤层	厚煤层
地下开采	<1.3	1.3~3.5	>3.5
露天开采	<3.5	3.5~10	>10

薄及中厚煤层的采深与单层采厚比小于 40 或厚煤层及煤层群的采深与分层采厚比小于 60 时,修建工矿企业专用铁路须在矿井、水平、采区设计时确定保护煤柱^[8]。

拟建方家庄电厂铁路专用线 DK2+300~DK3+300 段通过石槽村井田,压覆区域内分布的可采煤层共 9 层,依次为 2-1,2-2,3,6,10,12,15,16,17 及 17-1 煤层,可采煤层平均总厚 24.27 m,工程距离最上层煤层 2-1 煤层,垂直距离 1 100~825 m;距离最下层煤层 17-1 煤层,垂直距离 1 125~1 450 m。可知,拟建工程压覆区域内,薄及中厚煤层的采深与单层采厚比大于 40,因此不需要留设煤柱。

3.2.2 保护煤柱设计计算

拟建银星二号煤矿铁路专用线 DK1+958~DK2+252 段通过冯记沟井田,压覆区域内可采煤层共 3 层,煤层厚度 1.4~2.5 m,可采煤层平均总厚 9.15 m,最大采深 302 m。拟建工程压覆区域内,薄及中厚煤层的采深与单层采厚比小于 40,需要留设保护煤柱。

对于长形且与煤层斜交的建筑物,其保护煤柱的边界线也与煤层走向斜交,此时保护面是从受护面积的边缘在上山方向按角度 β' ,下山方向按角度 γ' 作出的^[10]。

预留矿柱范围计算公式^[11]为: $B_{\text{上山方向}}=H_{\text{埋深}} \times \cot\gamma' + \text{围护带宽度} + \frac{\text{路基宽度}}{2}$

上山方向预留矿柱宽度: $B_{\text{下山方向}}=H_{\text{埋深}} \times \cot\beta' + \text{围护带宽度} + \frac{\text{路基宽度}}{2}$

下山方向预留矿柱宽度:

其中: $\cot\gamma' = \sqrt{\cot^2\gamma \cos^2\theta + \cot^2\delta \cdot \sin^2\theta}$, $\cot\beta' = \sqrt{\cot^2\beta \cos^2\theta + \cot^2\delta \cdot \sin^2\theta}$, γ, β, δ 分别为上山、下山及走向方向的岩层移动角; θ 为围护带边界与煤层走向线之间所夹的锐角。

银星二号煤矿铁路专用线 DK1+958~DK2+252 段通过冯记沟井田,其基岩走向方向移动角 δ 、上覆岩层上山侧移动角 γ 及下山侧移动角 β 均为 73° ,第四系覆盖层移动角 φ 为 45° 。因该煤矿 β, δ 相等,即 $\cot\beta = \cot\delta$,所以 $\cot\beta' = \cot\beta, \cot\gamma' = \cot\gamma$ 。

因此,银星二号煤矿铁路专用线 DK1+958~DK2+252 段的保护煤柱宽度(见图 5)为:

$$2B = 2 \times \left(H_{\text{埋深}} \times \cot\gamma' + \text{围护带宽度} + \frac{\text{路基宽度}}{2} \right) = 329.7 \text{ m}$$

式中: H_1 为采空区上覆岩层厚度,取 232 m; H_2 为采空区上覆第四系覆盖层厚度,取 70 m;围护带宽度为 20 m;路基宽度为 7.7 m。

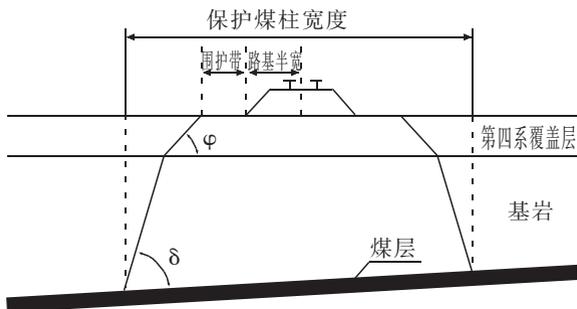


图 5 保护煤柱设计图
Fig.5 Design of protective coal pillar

4 结论

1) 线路工程地质选线时应最大限度的绕避风沙危害严重地段,宜在上风侧距流动沙丘、沙地外一定距离通过;线路走向宜与主导风向平行,不设或少设曲线,必须设置曲线时应避免采用小半径,并宜将曲线设计为路堤,曲线外侧朝向主导风向;线路宜采用路堤,高度不宜小于1 m,避免采用零断面、半堤半堑及路堑;涵洞宜采用大孔径。

2) 线路应绕避大型、重要矿区或规划矿区,宜设置在采空塌陷影响区范围外一定距离;线路通过规划矿区时应了解矿区具体规划,分析对铁路工程的影响,并应采取安全工程处理措施。

3) 线路应最大限度的保持一个井田的完整性,避免线路切割井田,给开采、运输、和井下作业带来不必要的困扰;当多个井田相连时,应利用相邻井田的开采限界,尽量走行在井田分界处,这样可以减少压煤量;压覆矿产地段,建议预留保护煤柱,以保证铁路的运营安全。

4) 从安全角度考虑,铁路专用线开工建设前应与国土资源行政主管部门及相关矿权人接洽,签署《安全施工免责协议》,协调好后期铁路工程因煤矿开采导致沉降造成损害产生的维护费用等有关事宜,避免发生争端。

参考文献:

- [1] 孙宝忠,胡清波.包西铁路毛乌素沙地大面积煤矿采空区地质选线研究[J].铁道标准设计,2014,58(6):3-4.
- [2] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会.GB/T 18306-2015 中国地震动参数区划图[S].北京:中国标准出版社,2015.
- [3] 鲁建成.综采放顶煤采煤法[J].煤炭技术,2008(10):57-59.
- [4] 李国和,李桂芳.采空区铁路工程地质选线研究[J].铁道工程学报,2012,29(10):16-16.
- [5] 赵文.银西铁路彬长矿区采空区地质选线[J].铁道标准设计,2012(7):27-27.
- [6] 全国人大常委会.中华人民共和国矿产资源法[M].2009.
- [7] 梁栋.煤运铁路主线与矿区支线的选线设计探究[J].铁道标准设计,2015,59(11):33-33.
- [8] 国家安全监管总局,国家煤矿安监局,国家能源局,国家铁路局.建筑物、水体、铁路及主要井巷煤柱留设与压煤开采规范[S].北京:煤炭工业出版社,2017.
- [9] 杨栋果.国家安全生产监督管理总局令[N].中国安全生产报,2013-07-23.
- [10] 铁道部第一勘测设计院.铁路工程地质手册[M].北京:中国铁道出版社,1999:401-401.

Study on Engineering Geological Route Selection of Special Line in Ningdong Mining Area

Wang Xiongjian

(Lanzhou Railway Survey and Design Institute Co., Ltd., Lanzhou 730000, China)

Abstract: The natural geography and economy in Ningdong mining area were analyzed and experience concerning the survey and design of special lines in Ningdong mining area in recent years was concluded. In view of the unfavorable geological phenomena such as sandstorm and goaf, as well as the typical engineering geological problems such as overlaid minerals and design of protective coal pillars, etc. in the engineering geological route selection of railway special lines, combined with project examples, this paper adopted the method of combining theoretical analysis with practical calculation, explained in detail the rationality of the engineering setting and presented some line selection principles in terms of these unfavorable geological phenomena and engineering geological problems.

Key words: Ningdong mining area; railway special line; sandstorm; goaf; overlaid minerals; design of protective coal pillars